

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AN

(11)Publication number : 04-027805

(43)Date of publication of application : 30.01.1992

(51)Int.Cl.

G01B 7/34
H01J 37/28

(21)Application number : 02-131433

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 23.05.1990

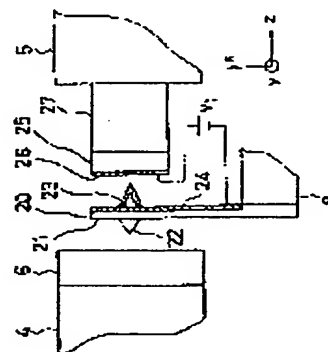
(72)Inventor : HAYASHI MASAKAZU
ISHIDA FUMIHIKO
YASUNAGA TAMIYOSHI

(54) INTERATOMIC FORCE MICROSCOPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To omit the alignment of a cantilever by providing an interatomic- force detecting chip and a tunnel-current detecting chip on both surfaces of the main body of the cantilever, and providing a planar tunnel-current substrate at a position facing the tunnel-current detecting chip.

CONSTITUTION: A cantilever 20 which is provided with an interatomic force detecting chip 22 and a tunnel-current detecting chip 23 is provided. A tunnel current substrate 25 which is formed in a planar state is arranged. Therefore, it is satisfactory when the tunnel-current detecting chip 23 of the cantilever 20 faces in the plane of the tunnelling current substrate 25, and it is not necessary to perform special alignment.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平4-27805

⑬ Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)1月30日

G 01 B 7/34
H 01 J 37/28Z 9106-2F
Z 9069-5E

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全6頁)

⑮ 発明の名称 原子間力顕微鏡

⑯ 特 願 平2-131433

⑰ 出 願 平2(1990)5月23日

⑱ 発 明 者 林 正 和 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

⑲ 発 明 者 石 田 文 彦 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

⑳ 発 明 者 安 永 民 好 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

㉑ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

㉒ 代 理 人 弁 理 士 鈴 江 武 彦 外3名

明 細 書

1. 発明の名称

原 子 間 力 顕 微 鏡

2. 特許請求の範囲

(1) レバー本体の一方の面に原子間力検出用チップを設けるとともに他方の面にトンネル電流検出用チップを設けたカンチレバーと、前記トンネル電流検出用チップと対向する位置に配置され平面に形成されて前記トンネル電流検出用チップとの間にトンネル電流を流すトンネル電流基板とを具備したことを特徴とする原子間力顕微鏡。

(2) 先端が尖鋭に形成されこの先端側に原子間力検出用チップを設けたカンチレバーと、このカンチレバーの先端を望む位置に配置され平面に形成されて前記カンチレバーの先端との間にトンネル電流を流すトンネル電流基板とを具備したことを特徴とする原子間力顕微鏡。

(3) レバー本体の一方の面に原子間力検出用チップを設けるとともに他方の面にトンネル電流検出用チップを設けたカンチレバーと、前記トンネル

電流検出用チップと対向する位置に配置され平面に形成されて前記トンネル電流検出用チップとを接触して前記導電性を有する原子間力検出用チップと被測定体との間にトンネル電流を流し、走査型トンネル顕微鏡として作動することを特徴とする原子間力顕微鏡。

3. 発明の詳細な説明

[発明の目的]

(産業上の利用分野)

本発明は、カンチレバーのアライメントを改良した原子間力顕微鏡(AFM)に関する。

(従来の技術)

第6図は原子間力顕微鏡の構成図である。ベース1にはそれぞれクッション2、3を介してXYZ駆動装置4及びZ駆動装置5が設けられている。XYZ駆動装置4には被測定体6が配置され、Z駆動装置5には走査型トンネル顕微鏡(STM)の探針7が設けられている。又、ベース1にはクッション8を介してカンチレバー9が設けられている。このカンチレバー9は先端に原

子間力検出用チップ10が設けられ、そして被測定体6と探針7との間に配置されている。第7図は探針7及びカンチレバー9を具体的に示している。カンチレバー9における探針7と対向する面には導電膜11が形成され、又は導電材料でレバーが形成され、又探針7の表面にも導電膜12が形成され又は導電材料で探針が形成されている。そして、カンチレバー9の導電膜11と探針7の導電膜12との間にはバイアス電圧 V_t が印加されている。又、カンチレバー9は長さ $1\mu\text{m} \sim 0.1\mu\text{m}$ 、幅 $0.1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ に形成されている。

このような構成であれば、探針7とカンチレバー9との間にトンネル電流が流され、これとともに被測定体6が原子間力検出用チップ10に接近される。これにより被測定体6と原子間力検出用チップ10との間に原子間力が作用する。この原子間力によりカンチレバー9が変位し、この変位に応じてトンネル電流が変化する。そこで、このトンネル電流を用いて、カンチレバー9の変位や振動数、振動振幅を知ることができる。しかし

イメントする必要がある。そのうえ、精度高いアライメントが要求される。

そこで本発明は、カンチレバーのアライメントを不要とした原子間力顕微鏡を提供することを目的とする。

〔発明の構成〕

（課題を解決するための手段）

本発明は、レバー本体の一方の面に原子間力検出用チップを設けるとともに他方の面にトンネル電流検出用チップを設けたカンチレバーと、トンネル電流検出用チップと対向する位置に配置され平面に形成されてトンネル電流検出用チップとの間にトンネル電流を流すトンネル電流基板とを備えて上記目的を達成しようとする原子間力顕微鏡である。

又、本発明は、先端が尖鋭に形成されこの先端側に原子間力検出用チップを設けたカンチレバーと、このカンチレバーの先端を望む位置に配置され平面に形成されてカンチレバーの先端との間にトンネル電流を流すトンネル電流基板とを備えて

て、これらから被測定体6とカンチレバー9との間の原子間力を求めることができ、さらに被測定体6の表面形状が 0.01\AA の分解能で測定される。

ところで、カンチレバー9は上記の如く形状が小さい。そして、カンチレバー9は原子間力検出用チップ10と探針7とが同軸にアライメントする必要がある。従って、かかる顕微鏡ではカンチレバー9をXY方向に移動させてアライメントし、さらに探針7をZ方向に移動させてアライメントする必要がある。このアライメント精度はカンチレバー9のサイズにもよるが、上記幅 $0.1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ の数分の1以下が必要となる。実際のアライメントは、カンチレバー9に対して探針7を大まかにアライメントし、次に光学顕微鏡により探針7及びカンチレバー9を観察してアライメントしている。

（発明が解決しようとする課題）

以上のように原子間力顕微鏡におけるアライメントは、カンチレバー9をXY方向に移動させてアライメント探針7をZ方向に移動させてアラ

上記目的を達成しようとする原子間力顕微鏡である。

又、本発明は、レバー本体の一方の面に原子間力検出用チップを設けるとともに他方の面にトンネル電流検出用チップを設けたカンチレバーと、トンネル電流検出用チップと対向する位置に配置され平面に形成されてトンネル電流検出用チップとの間にトンネル電流を流し、かつトンネル電流検出用チップと接触して原子間力検出用チップと被測定体との間にトンネル電流を流すトンネル電流基板とを備えて上記目的を達成しようとする原子間力顕微鏡である。

（作用）

このような手段を備えたことにより、原子間力検出用チップ及びトンネル電流検出用チップが設けられたカンチレバーに対して平面に形成されたトンネル電流基板が配置され、トンネル電流検出用チップとトンネル電流基板との間にトンネル電流が流れる。

又、上記手段を備えたことにより、原子間力検

出用チップを設けたカンチレバーの先端を望む位置に平面に形成されたトンネル電流基板が配置され、カンチレバーの先端とトンネル電流基板との間にトンネル電流が流れる。

又、上記手段を備えたことにより、原子間力検出用チップ及びトンネル電流検出用チップが設けられたカンチレバーに対して平面に形成されたトンネル電流基板が配置され、トンネル電流検出用チップとトンネル電流基板との間にトンネル電流が流れ、かつトンネル電流検出用チップとトンネル電流基板とが接触されて原子間力検出用チップと被測定体との間にトンネル電流が流れる。

(実施例)

以下、本発明の第1実施例について図面を参照して説明する。なお、第7図と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

第1図は原子間力顕微鏡の構成図である。ベース1にはクッション8を介してカンチレバー20が設けられている。このカンチレバー20は、石英ガラスにより形成されるレバー本体21の一方

の面に原子間力検出用チップ22を設けるとともに他方の面にトンネル電流検出用チップ23を設けたものとなっている。これら原子間力検出用チップ22とトンネル電流検出用チップ23とはZ方向において同軸に配置されている。

ここで、カンチレバー20の製造方法について説明する。まず、0.3mm程度の石英ガラスの薄板を研磨加工して5~30μm厚の極薄板を作成する。次にこの薄板にリソグラフィ技術により厚さ20nm~1μmの金の薄膜パターンを形成する。この薄膜パターンは第2図に示すように2等辺三角形で、この2等辺三角形の内部に相似する2等辺三角形の孔が形成されたものとなっている。次に薄膜パターンをマスクとして石英ガラスをエッチングする。このエッチングにより片面が金の薄膜24で覆われたレバー本体21が作成される。次に原子間力検出用チップ22が作成される。この原子間力検出用チップ22は機械加工により先端の半径が0.1~1μm Rに尖鋭化され、かつ高さが数μmに形成される。次にこの原子間力検出

用チップ22がレバー本体21の先端側で薄膜24の形成されてない側の面に接着される。次にトンネル電流検出用チップ23が作成される。このトンネル電流検出用チップ23は金を20nm~1μmにコーティングし表面が導電性をもつダイヤモンドチップとなっている。次にこのトンネル電流検出用チップ23がレバー本体21の薄膜24の形成された側の面に接着される。

トンネル電流検出用チップ23の対向する位置にはトンネル電流基板としてのトンネリング基板25が配置されている。このトンネリング基板25は表面が極めて平面に形成されている。例えば、トンネリング基板25は石英ガラスにより形成され、その表面はフロートポリッシング加工されて表面粗さが数Å程度に形成され、さらに金又は白金26によりコーティングされている。このコーティングによりトンネリング基板25の表面は大気中でも酸化しない。

トンネル電流検出用チップ23とトンネリング基板25との間には、1~0.01Vのバイアス電圧

Vtが印加されている。なお、トンネリング基板25は圧電素子27によりZ方向に微小移動するものとなっている。

次に上記の如く構成された顕微鏡の作用について説明する。

Z駆動装置5によりトンネリング基板25がZ方向に移動されてトンネル電流検出用チップ23に接近する。これとともにトンネル電流検出用チップ23とトンネリング基板25との間に0.1V程度のバイアス電圧Vtが印加する。次に圧電素子27に電圧が印加される。これによりトンネリング基板25はトンネル電流検出用チップ23に向かって微小移動する。この微小移動によりトンネル電流検出用チップ23とトンネリング基板25とのギャップが1nm程度になると、トンネル電流検出用チップ23とトンネリング基板25との間に数nA程度のトンネル電流が流れる。しかるに、このトンネル電流が一定となるようにトンネリング基板25の位置を制御すると、このトンネリング基板25の移動がカンチレバー20の変

位に対応するようになる。従って、トンネリング基板25の移動からカンチレバー20の変位が0.01Åの分解能で測定される。

次に上記状態で被測定体6を原子間力検出用チップ22に接近させる。この接近により被測定体6と原子間力検出用チップ22とのギャップが数10nm以下になると、被測定体6と原子間力検出用チップ22との間に $10^{-7} \sim 10^{-9}$ Nの原子間力が作用する。この原子間力によりカンチレバー20はZ方向に数Å程度変位する。しかるに、このカンチレバー20の変位は上述した作用により測定される。

又、原子間力が一定となるように被測定体6をZ方向に移動し、かつ被測定体6をXY方向に移動させれば、被測定体6の表面形状が測定される。

このように上記一実施例によれば、原子間力検出用チップ22及びトンネル電流検出用チップ23を設けたカンチレバー20を備えたとともに平面に形成されたトンネル電流基板25を配置したので、カンチレバー20のトンネル電流検出用

チップ23がトンネリング電流基板25の平面内に対向していればよいので特にアライメントを行う必要がない。例えばトンネル電流検出用チップ23はトンネル電流基板25に対して0.5nm~5nm程度のアライメントで良い。

次に本発明の第2実施例について第4図を参照して説明する。なお、第1図と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

カンチレバー30はトンネル電流検出用チップ30が除かれたものとなっている。このカンチレバー30のレバー本体21の先端は数μm以下に尖鋭化されている。

一方、トンネリング基板25はZ方向に対して角度θをもって配置され、レバー本体21の先端を望むものとなっている。

かかる構成であれば、レバー本体21の先端が上記第1実施例におけるトンネル電流検出用チップ30と同様の作用を行う。すなわち、レバー本体21の先端とトンネリング基板25とのギャップが1nm程度になると、レバー本体21の先端の

薄膜24とトンネリング基板25との間に数nA程度のトンネル電流が流れる。しかるに、このトンネル電流が一定となるようにトンネリング基板25の位置を制御すると、このトンネリング基板25の移動がカンチレバー30の変位に対応する。この場合、カンチレバー30の変位 δ_z は、

$$\delta_z = \cos \theta \cdot \delta_t \quad \text{translated}$$

となる。 δ_t はカンチレバー30のトンネリング基板25の配置方向成分の変位である。

次に本発明の第3実施例について第5図を参照して説明する。なお、第1図と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

カンチレバー40は、原子間力検出用チップ22の表面及びこのチップ22が設けられた面側のレバー本体21が導電性の薄膜41により覆われている。なお、原子間力検出用チップ22を導電性の材料で形成してもよい。一方、トンネリング基板25はZ方向に移動可能に設けられ、測定の目的によりトンネル電流検出用チップ23と接触状態となったり離れた状態となる。第5図では

トンネリング基板25とトンネル電流検出用チップ23とが接触した状態にある。この接触によりカンチレバー40は原子間力を受けても変位しないように設定される。なお、トンネリング基板25とトンネル電流検出用チップ23との接触はトンネリング基板25とカンチレバー40間の端子P₁、P₂に流れるトンネル電流を監視することにより判断される。ここで、被測定体6は導電性のものが有効である。そして、被測定体6と薄膜41との間にはバイアス電圧V_bが印加されている。

このような構成であれば、トンネリング基板25とトンネル電流検出用チップ23とが接触している場合、被測定体6と原子間力検出用チップ22との間にトンネル電流I_tが流れる。しかるに、このトンネル電流I_tからSTM像が得られる。又、トンネリング基板25とトンネル電流検出用チップ23とが非接触であれば、AFMとして作用する。

なお、本発明は上記各実施例に限定されるもの

でなくその主旨を逸脱しない範囲で変形しても良い。例えば、各カンチレバー20、30、40は次に示す材質にしても良い。

①レバー本体としてチタンやアルミニウムの極薄板(5~30 μ m)を用いる。この場合、金等のコーティングを行う。

②レバー本体として金や白金などの極薄板を用いる。この場合、コーティングは不要である。

③Si表面にSiO₂又はSi₃N₄の薄膜を形成し、次にリソグラフィ技術によりカンチレバーを作成する。この場合、金等のコーティングを行う。

④上記③の手法を発展させて単結晶シリコン上にレバー本体と各チップとを一体的に同時に作成しても良い。

又、原子間力検出用チップ22などは次のように形成しても良い。

上記①②のレバー本体であれば、タングステンや白金の細線を電解エッチングして鋭利にし、これをレバー本体に結合する。

上記③④のレバー本体であれば、レバー本体の

先端にSiO₂やSi₃N₄の薄膜を形成し、これをエッチングして各チップを形成してもよい。

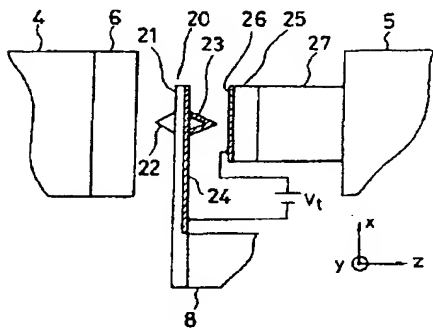
〔発明の効果〕

以上詳記したように本発明によれば、カンチレバーのアライメントを不要とした原子間力顕微鏡を提供できる。

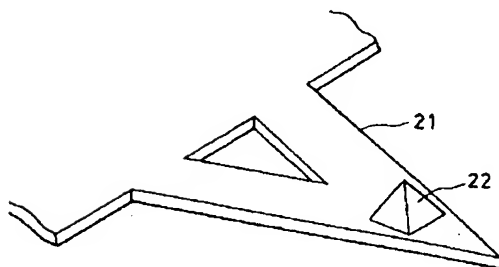
4. 図面の簡単な説明

第1図乃至第3図は本発明に係わる原子間力顕微鏡の第1実施例を説明するための図であって、第1図は構成図、第2図及び第3図はカンチレバーの製造を説明するための図、第4図は本発明の第2実施例の構成図、第5図は本発明の第3実施例の構成図、第6図及び第7図は従来の原子間力顕微鏡の構成図である。

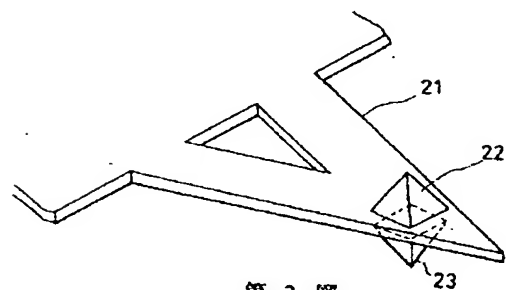
1…ベース、2、3、8…クッション、4…XYZ駆動装置、5…Z駆動装置、6…被測定体、20、30、40…カンチレバー、21…レバー本体、22…原子間力検出用チップ、23…トンネル電流検出用チップ、24…薄膜、25…トンネルリング基板、26、41…薄膜。



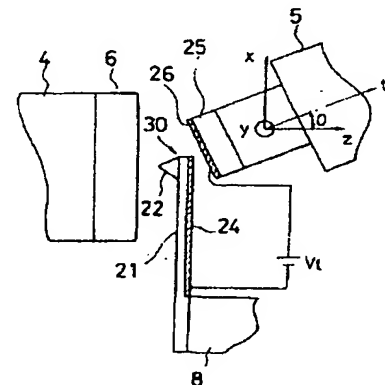
第1図



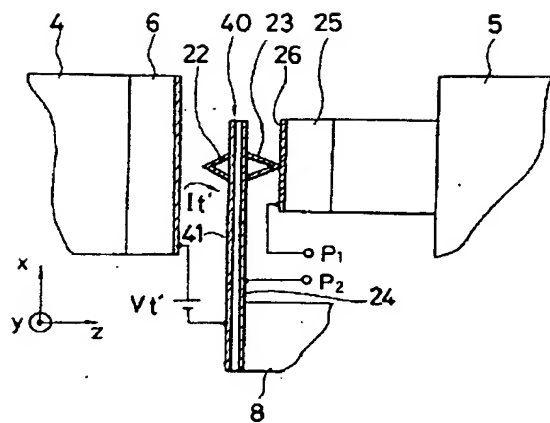
第2図



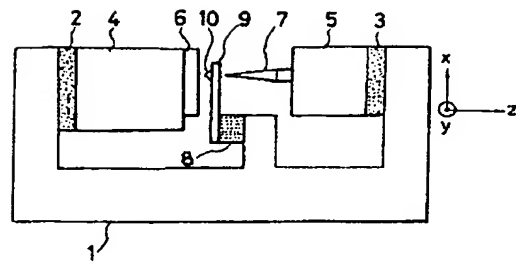
第3図



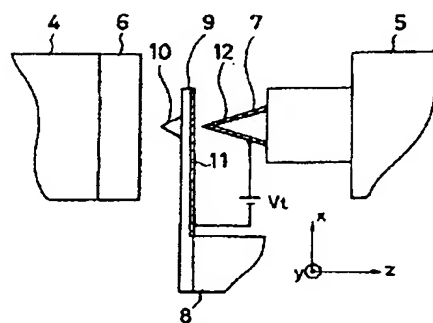
第4図



第 5 図



第 6 図



第 7 図

(Partial translation of the reference D)

Japanese Patent Laid-open No. 4-27805

The fifth embodiment of the present invention is explained on the basis of Figure 5. An explanation on the same as Figure 1 is omitted.

A conductive thin membrane 41 covers a surface of an atomic force detecting chip 22 and a side of a lever body 21 facing the chip 22. The atomic force detecting chip may be made from a conductive material. A tunneling substrate 25 is movable in Z direction so as to contact with a tunnel current detecting chip 23 and separate therefrom in accordance with an object of measurement. Figure 5 shows that the tunneling substrate contacts with the tunnel detecting chip 23 so that the cantilever 40 is not displaced by the atomic force. It is detected by monitoring of terminals P1, P2 of the tunneling membrane 25 and the cantilever 40 whether or not the tunneling membrane 25 contacts with the tunnel detecting chip 25. A sample 6 to be measured is desirously a conductive member and a bias voltage V_t' is applied between the sample 6 and the thin membrane.

I_t' flows between the sample 6 and the atomic force detecting chip 22 while the tunneling substrate 25 contacts with the tunnel current detecting chip 23. An STM image is obtained from the tunnel current I_t' as obtained. The construction functions as an AFM while the tunneling substrate 25 does not contact with the tunnel current detecting chip 23.